Tijdschrift van het
Nederlands Elektronica- en Radiogenootschap
DEEL 31 Nr. 7/8 1966

Meetapparatuur voor seismologische opsporing

door E. E. Carpentier *)

Voordracht, gehouden voor het Nederlands Electronica- en Radiogenootschap op 18 februari 1966 te Rijswijk.

Summary

In the seismic method of petroleum exploration, both reflection and refraction techniques are employed with the aim of determining the structure of the outer layers of the Earth down to a depth of about 10 km.

The measuring equipment needed for this consists of field receiving apparatus, such as geophones, hydrophones, cables, filters, amplifiers, and optical and magnetic recorders, and supply units.

When the measurements have been made and recorded in the field, they are sent to the office where with the aid of optical or electronic apparatus they are converted into corrected seismic profiles.

Besides having such characteristics that it can be used in all parts of the world, seismic equipment also needs to have low weight, low power requirements, great weather resistance, extreme reliability and ease of operation.

Inleiding

Alvorens ons te verdiepen in het bovenstaand onderwerp, lijkt het gewenst ter inleiding enkele van de meest gebruikelijke geofysische opsporingsmethoden in het kort de revue te laten passeren.

Voor de opsporing van aardolie zijn deze methoden in volgorde van toenemende belangrijkheid:

*) Koninklijke/Shell Exploratie en Productie Laboratorium, Rijswijk.

I. de magnetometrische methode,
II. de gravimetrische methode,
III. de seismologische methode.

Deze drie methoden hebben tot doel het localiseren van geologische structuren in de ondergrond, welke gunstig zijn voor het ontstaan, verzamelen en vasthouden van olie of gas.

Bij het onderzoek naar aardolie gaat het hierbij vooral om de ligging en de dikte van lagen in zogenaamde afzettingsgesteenten. Men neemt aan dat de olie onder bepaalde omstandigheden onstaat uit organisch materiaal in afzettingsgesteente (oliemoedergesteente), gevormd door consolidatie van sedimenten, afgezet in lagunes of binnenzeeën. Door de druk van de deklast en tektonische krachten wordt de olie of het gas uit dit gesteente geperst en kan zich naar de hoger gelegen delen van de structuur bewegen, mits de bovenliggende lagen voldoende doorlaatbaar zijn. Indien de structuur afgesloten is door een voor olie of gas ondoordringbare laag zal accumulatie van olie of gas plaatsvinden.

Het eerste doel van de geofysische opsporing is het vaststellen van de afmetingen en de ligging van sedimentaire bekkens, gevolgd door het localiseren van gunstige stucturen hierin. Gewoonlijk worden hierbij alle drie bovengenoemde methoden gebruikt en wel in de aangegeven volgorde. De magnetometrische methode wordt meestal toegepast voor het vaststellen van de afmetingen en de ligging van de sedimentaire bekkens, terwijl de beide andere methoden dienen voor het bepalen van gunstige structuren binnen deze bekkens.

I. De magnetometrische methode

Deze methode berust op de bepaling van anomalieën in het aardmagnetische veld, veroorzaakt door veranderingen in fysische eigenschappen van het gesteente in de ondergrond. Voor de magnetometrie is de meest belangrijke parameter de susceptibiliteit van de gesteenten. De sedimentsgesteenten hebben een lagere susceptibiliteit dan die van het eronder liggende metamorphe of stollingsgesteente. De anomalieën zullen dus hoofdzakelijk worden veroorzaakt door de ligging van deze diepere gesteenten, wat betekent dat deze methode het meest tot zijn recht komt bij de bepaling van de begrenzing en diepte van sedimentaire bekkens. Voor het vinden van structuren in de sedimenten zelf is zij minder geschikt.

Als instrumenten worden veel gebruikt de Schmidt veldbalans, de fluxgatemagnetometer, de proton-magnetometer en de Rubidiumdamp-magnetometer. Met deze instrumenten kunnen nog afwijkingen van een 10^5 tot 10^7 deel van het gemiddelde aardmagnetische veld worden gemeten.

Bij de olie-exploratie wordt tegenwoordig over het algemeen gebruik gemaakt van schepen en vliegtuigen.

II. De gravimetrische methode

Deze methode berust op de meting van de door de gesteenten veroorzaakte verstoringen van het zwaartekrachtsveld van de aarde. Deze anomalieën zijn het gevolg van horizontale dichtheidsverschillen in het gesteente. Wanneer we bijvoorbeeld aannemen, dat tengevolge van de grotere druk de dieper gelegen gesteenten ook een grotere dichtheid vertonen, dan zal een plaatselijk ondiepere ligging ervan een geringe vergroting van de gemeten zwaartekracht aan het oppervlak ten gevolge hebben. Door een groot aantal van deze waarnemingen te verrichten kan men dus de begrenzingen van structuren in sedimentaire bekkens vaststellen.

Als instrument wordt hierbij gebruik gemaakt van de gravimeter, waarmede men tegenwoordig in staat is afwijkingen van een 10^8 deel van de zwaartekracht te meten. De gravimeter wordt gewoonlijk vast opgesteld tijdens de meting, doch recente ontwikkelingen maken het ook mogelijk metingen, zij het minder nauwkeurige, te doen vanaf een oppervlakteschip of vanuit een vliegtuig.

III. De seismologische methode

Deze methode is de belangrijkste en nauwkeurigste van alle geofysische methoden en berust op het meten aan het aardoppervlak van looptijden van kunstmatig opgewekte, zich in de ondergrond voortplantende, elastische golven. Dit is mogelijk doordat aan het oppervlak opgewekte golven, na in de diepere ondergrond te zijn doorgedrongen, tengevolge van breking en terugkaatsing tenslotte weer naar het oppervlak terugkeren.

We onderscheiden hierbij de zogenaamde refractiemethode, waarbij deze golven door breking in de ondergrond worden teruggebogen en de zogenaamde reflectiemethode, waarbij ditzelfde geschiedt door terugkaatsing. De laatste methode heeft

het grootste oplossend vermogen en wordt daarom verreweg het meest toegepast. Beide methoden berusten op de brekingswet van Snellius.

Aan ieder grensvlak treedt breking en terugkaatsing op (fig. 1). Een bijzonder geval hierbij is, wanneer bij een gegeven snelheidsverhouding v_1/v_2 de hoek α_1 van de invallende golf een zodanige waarde aanneemt dat $\sin \alpha_2 = 1$ of $\alpha_2 = 90°$. Deze waarde van α_1 wordt de kritische invalhoek genoemd; hierbij dringen geen golven in het onderliggende medium, maar blijft een golf met snelheid v_2 langs het grensvlak lopen. Van deze eigenschap maken wij gebruik bij het refractiewerk.

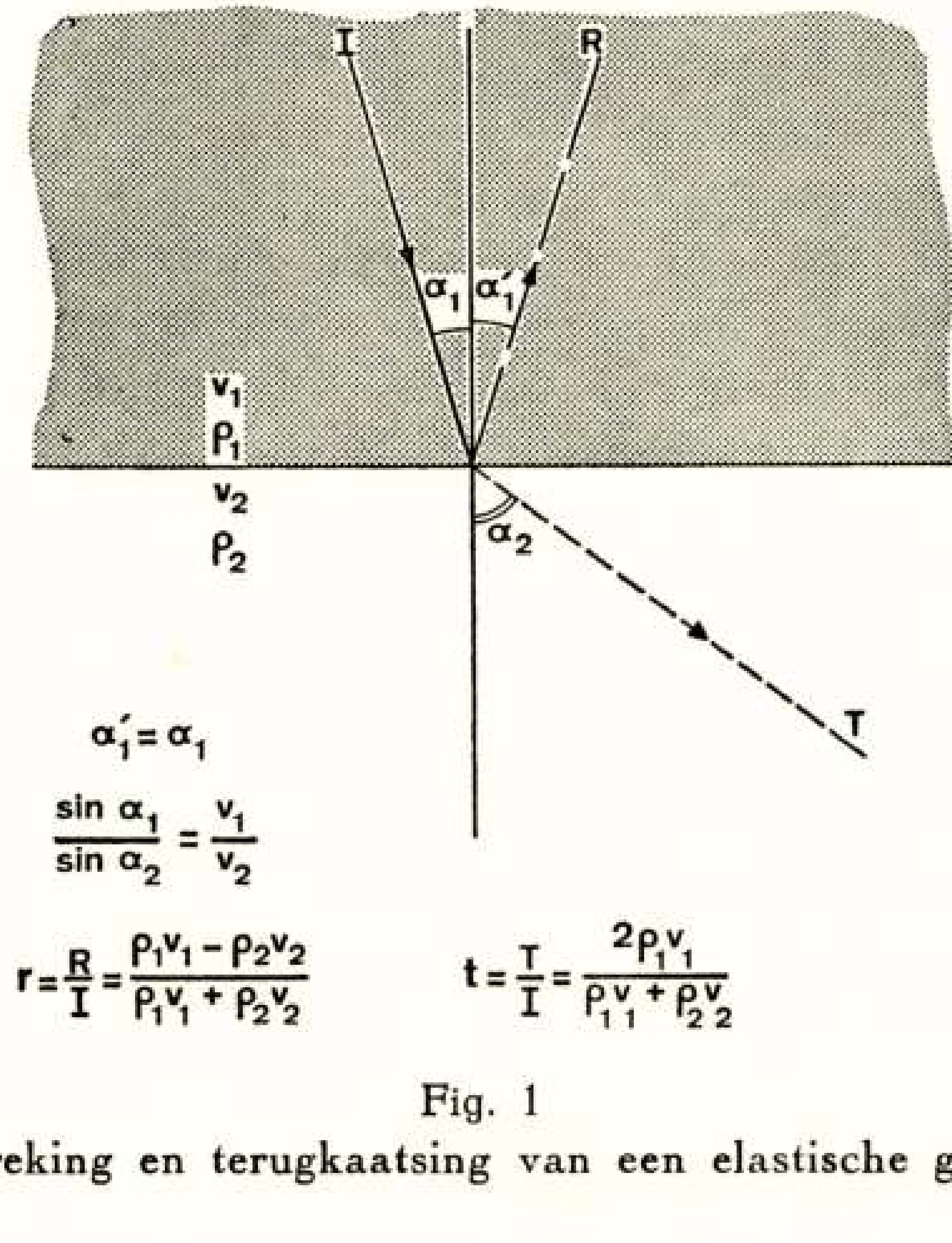


Fig. 1
Breking en terugkaatsing van een elastische golf

Uit de elasticiteitstheorie volgen verder de waarden van de amplituden van de teruggekaatste golf (R) en de doorgelaten golf (T) met betrekking tot de invallende golf (I). In fig. 1 zijn de waarden van de reflectiecoëfficiënt r en transmissiecoëfficiënt t aangegeven en wel voor het geval een invallende vlakke golf het grensvlak loodrecht treft. Wij zien hieruit, dat alleen reflectie zal optreden wanneer $\varrho_1 v_1 \neq \varrho_2 v_2$, waaruit blijkt dat zowel het verschil in de dichtheid ϱ als dat in de snelheid v een rol speelt.

Wanneer wij ons nu voorstellen dat wij in werkelijkheid te maken hebben met een groot aantal lagen, dat er bovendien

behalve longitudinale golven ook transversale golven kunnen optreden, zowel door het schot als door conversie aan ieder grensvlak, dat bovendien in iedere laag meervoudige reflecties en refracties plaatsvinden, en dat wij bovendien aan het oppervlak nog te maken hebben met oppervlaktegolven, dan is het duidelijk, dat wij de reflecties die wij willen waarnemen, zullen zien tegen een achtergrond van sterke storingen. In vele gevallen zullen wij deze reflectie zelfs in het geheel niet kunnen zien, althans niet zonder speciale verwerkingstechnieken op de waarnemingen toe te passen.

Behalve met systematische storingen hebben wij ook nog te maken met willekeurige, niet systematische, storende grondbewegingen, bijvoorbeeld veroorzaakt door wind, regen, stromend water, verkeer e.d. Men kan zich dan ook voorstellen dat de Engelsman Mallet, welke in 1848 de eerste was, die voorstelde deze methode voor het onderzoek van de bovenste aardlagen te gebruiken, zelf twijfelde aan de praktische mogelijkheid ervan. De toepassing van de seismische methode voor de opsporing van aardolie werd voor het eerst in de jaren 1920-1930 toegepast en berustte op een octrooi van Mintrop (1919).

Behalve met bovengenoemde storingsbronnen hebben wij nog te maken met ongewenste verschijnselen tengevolge van elektrische storingen, veroorzaakt door statische elektriciteit, hoogspanningsleidingen, aardstromen en ruis van de meetapparatuur. De keuze van de toe te passen seismische meetmethode en de eisen te stellen aan de hierbij behorende meetapparatuur worden dan ook geheel bepaald door de hierboven geschetste problematiek, waarmede wij ons in de geofysche research en instrumentele ontwikkeling bezighouden. Zowel bij de meetmethoden als bij de meettechniek is het gehele streven dan ook gericht op verbetering van de verhouding van het signaal tot de verschillende vormen van storingen.

A. Meetmethode

Een veelgebruikte methode van werken bij reflectie-operaties,

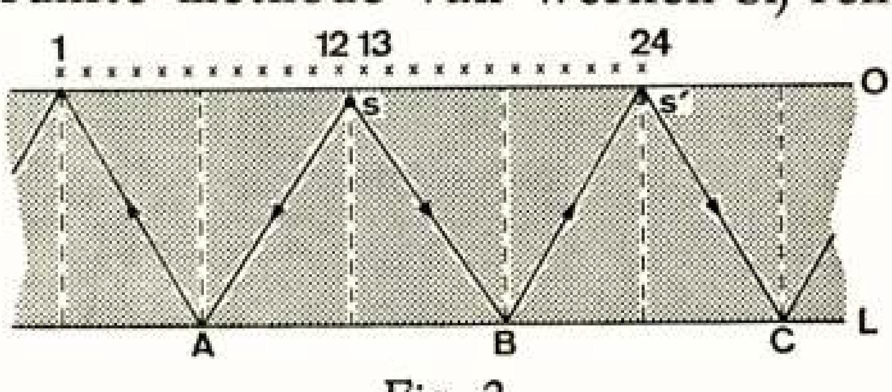


Fig. 2
Algemene meetmethode bij reflectie-operaties

zowel op het land als op het water, is aangegeven in fig. 2. Hierbij wordt bijvoorbeeld in *S*, gelegen op enkele tot enkele tientallen meters onder het oppervlak *O*, een verstoring teweeg gebracht, bijvoorbeeld door het tot ontploffing brengen van springstof of gas of door het laten vallen van een groot gewicht. Aan het oppervlak zijn op onderling gelijke afstanden van bijvoorbeeld 30 tot 50 meter detectoren 1 t.m. 24 geplaatst, welke de grondbewegingen omzetten in elektrische spanningen. Bij *L* is een reflecterende laag gedacht, terwijl de lijnen *SA*, *A*1 en

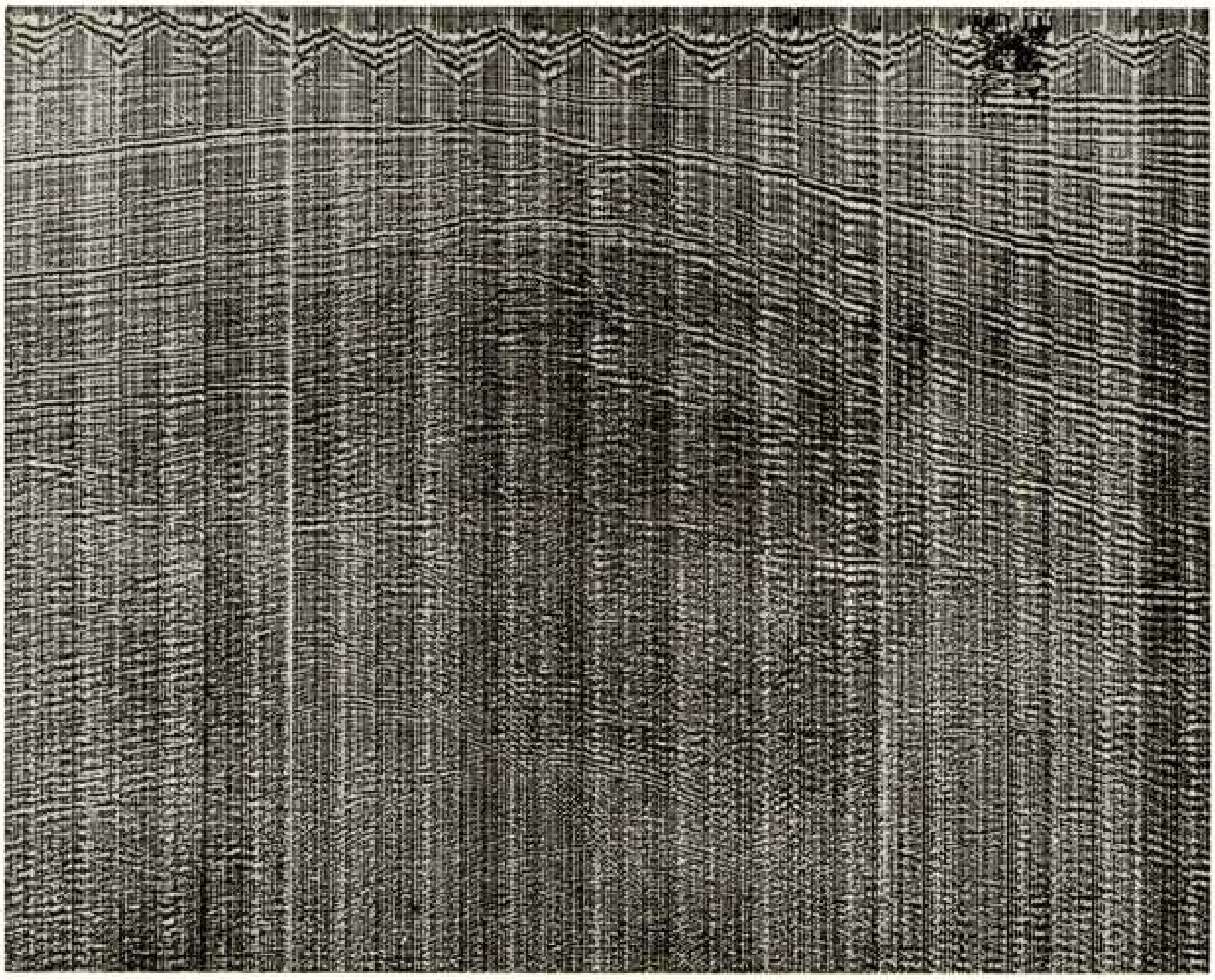


Fig. 3
Voorbeeld van een seismisch profiel, waarin structuren zichtbaar zijn. In horizontale richting wordt de afstand, in verticale richting de tijd afgelezen. De golvende lijnen aan de bovenzijde zijn het gevolg van oppervlaktegolven

SB, *B*24 de buitenste voortplantingswegen aangeven, waaruit volgt dat aan het oppervlak reflecties kunnen worden ontvangen van het grenslaaggedeelte *AB*, waarbij de lengte van *AB* gelijk is aan de helft van de lengte van de meetopstelling 1—24. Wanneer wij daarna het schotpunt *S* verplaatsen naar *S'* en de meetopstelling een halve lengte opschuiven, kunnen wij op dezelfde wijze reflecties ontvangen van het laaggedeelte *BC* enz. Wij bewegen ons zodoende langs een lijn aan het oppervlak en ver-

krijgen op deze wijze, na invoering van de noodzakelijke correcties, een zg. seismisch profiel (zie fig. 3). Door deze operatie te herhalen voor een reeks van evenwijdige lijnen kunnen wij zodoende een beeld krijgen van de ligging van laag *L*. Wat wij hierbij meten zijn de tijdsintervallen tussen het moment van de explosie en het moment waarop de gereflecteerde golf de betreffende detectoren bereikt. Wanneer nu uit andere metingen, zoals bijvoorbeeld in diepboringen of door het schieten van speciale snelheidsprofielen, het verband bekend wordt tussen looptijd en diepte, dan kunnen wij onze tijdgegevens omzetten in dieptegegevens van de betreffende reflecterende lagen.

Op deze gang van zaken zijn vele variaties mogelijk. Om de signaal/storings-verhouding te verbeteren kan men bijvoorbeeld het schotpunt van het midden van de opstelling verplaatsen naar een punt erbuiten, waardoor de langzame grondgolven later dan de reflecties binnenkomen en daardoor minder storen. Verder kunnen, voor een betere signaal/storings-verhouding, multipliciteitsmethoden worden toegepast. Zo kunnen wij bijvoorbeeld meerdere schoten tegelijk afschieten en/of groepen van detectoren per meetpunt toepassen, die in een bepaald patroon kunnen worden geplaatst afhankelijk van de dominerende golflengte van de te onderdrukken storing, welke meestal tussen 10 en 150 m ligt.

Onder de multipliciteitsmethoden vallen ook verschillende herhalingstechnieken, zoals het zogenaamde „horizontal stacking", waarbij ieder reflectiepunt meerdere malen onder verschillende hoeken wordt aangeschoten. Verder kunnen niet alleen bij het opnemen maar ook bij de verwerking van seismische gegevens nog allerlei filter- en sommeringstechnieken worden toegepast om de signaal/storings-verhouding te verbeteren.

B. **Meetgrootheden**

De te meten grondbewegingen liggen in een frequentiegebied van 1 tot 300 Hz. De grootte van deze bewegingen bedraagt gemeten in snelheid 10^{-6} tot 10 cm/sec. De amplitude is een functie van het tijdsinterval verlopen na het afgaan van de lading, de grootte van de lading en de aard van de ondergrond. Tussen het sterkste en zwakste signaal kan zoals boven aangegeven een verhouding bestaan van circa 140 dB. Het verloop van de signaalsterkte als functie van de tijd alléén kan al 80 dB bedragen, afhankelijk van ondergrond en diepte van de

reflecterende laag. De registratietijd hangt af van de gemiddelde voortplantingssnelheid en de diepte van de reflecterende laag en bedraagt gewoonlijk niet meer dan 5 sec. De toegelaten onnauwkeurigheid in de tijdmeting is ongeveer 1 m sec.

De amplituden van de storende grondbewegingen kunnen soms aanzienlijk groter zijn dan die van de te meten bewegingen. De frequentie ervan kan zowel hoger als lager zijn dan de frequentie van de te meten bewegingen. Dikwijls liggen het signaal en een bepaalde storing in hetzelfde frequentiegebied, hetgeen scheiding ervan bemoeilijkt.

C. **Meetapparatuur**

1. Algemeen

Bij de ontwikkeling en de fabricage van seismische meetapparatuur moeten wij ons dus richten, zowel op de vereiste meetnauwkeurigheid van bovengenoemde grootheden, als op eisen samenhangende met de grote variatie in meetmethoden en tenslotte op praktische overwegingen zoals: klein gewicht, gering energiegebruik, hoge betrouwbaarheid, goede klimaatbestendigheid en gemakkelijke hanteerbaarheid, waarbij de prijs aanvaardbaar moet blijven. Daar wij dikwijls moeten werken in uitgebreide gebieden met primitieve transportmogelijkheden met een vochtig en warm klimaat en ten dele met ongeschoold personeel zal het belang van deze praktische overwegingen duidelijk zijn.

Van de vereiste betrouwbaarheid kan een indruk worden gegeven door bijvoorbeeld het versterkersysteem te beschouwen, waarin zich circa 7000 onderdelen bevinden. Bij een dergelijk systeem richten wij ons in ontwikkeling en fabricage op een toegelaten verliestijd gedurende de veldoperaties van ongeveer 1 uur per jaar, of dus ongeveer 1 op 10.000.

Wat het gewicht en de draagbaarheid betreft zijn de laatste jaren goede resultaten geboekt. Zo is het gewicht van een compleet seismisch instrument in de laatste vijf jaar gedaald van 350 kg naar 70 kg. In dezelfde periode daalde het gewicht van een seismometer van 0,5 kg naar 0,1 kg, alles bij behoud van dezelfde of het verkrijgen van betere eigenschappen. Dit is hoofzakelijk te danken geweest aan de toepassing van transistoren, kleine onderdelen, hoogwaardige magnetische materialen en voortgeschreden ontwerptechniek.

De kosten van een seismische veldgroep kunnen circa f 15.000

per dag bedragen, zodat verbeteringen en uitbreidingen van de apparatuur gewoonlijk ruimschoots opwegen tegen het tijdsverlies, ontstaan tengevolge van onvolledigheid, onvoldoende eigenschappen of van onbetrouwbaarheid.

2. Opname-apparatuur

Gewoonlijk verdelen wij de volledige seismische apparatuur in opname- en verwerkingsapparatuur. Alleen de opname-apparatuur zal hier nader worden besproken.

In fig. 4 is het blokschema van een installatie voor het op-

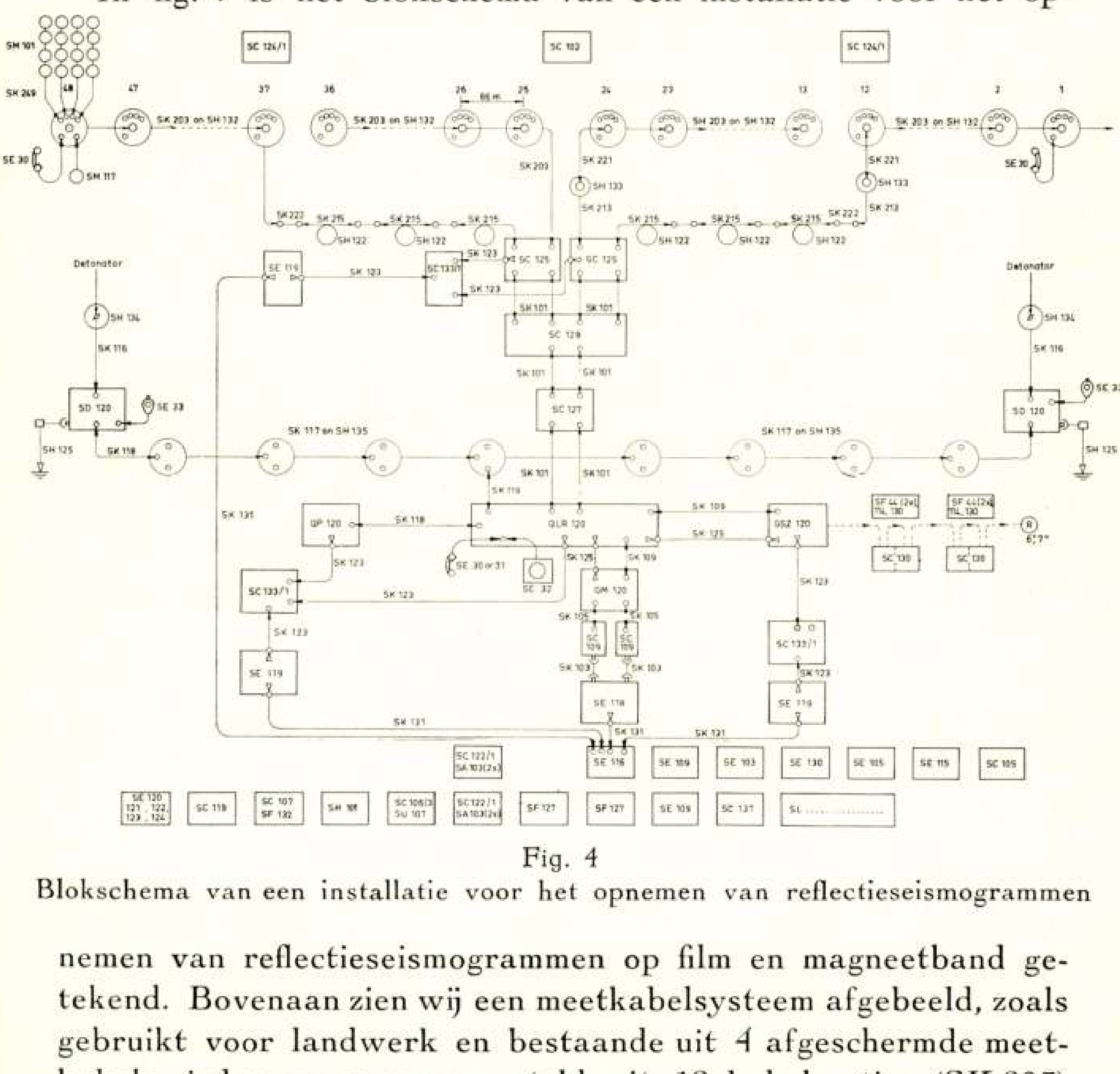


Fig. 4
Blokschema van een installatie voor het opnemen van reflectieseismogrammen

nemen van reflectieseismogrammen op film en magneetband getekend. Bovenaan zien wij een meetkabelsysteem afgebeeld, zoals gebruikt voor landwerk en bestaande uit 4 afgeschermde meetkabels, ieder weer samengesteld uit 12 kabelsecties (SK 203) op haspels (SH 132) met een maximum lengte van 66 m. De kabel bevat 12 aderparen voor de seismische signalen afkomstig van evenzoveel groepen detectoren, zoals hier bijvoorbeeld bestaande uit 16 seismometers (SM 101). Iedere seismometersectie bestaat wederom uit 4 in serie geschakelde seismometers. Vier van deze secties staan parallel en worden aangesloten op stopcon-

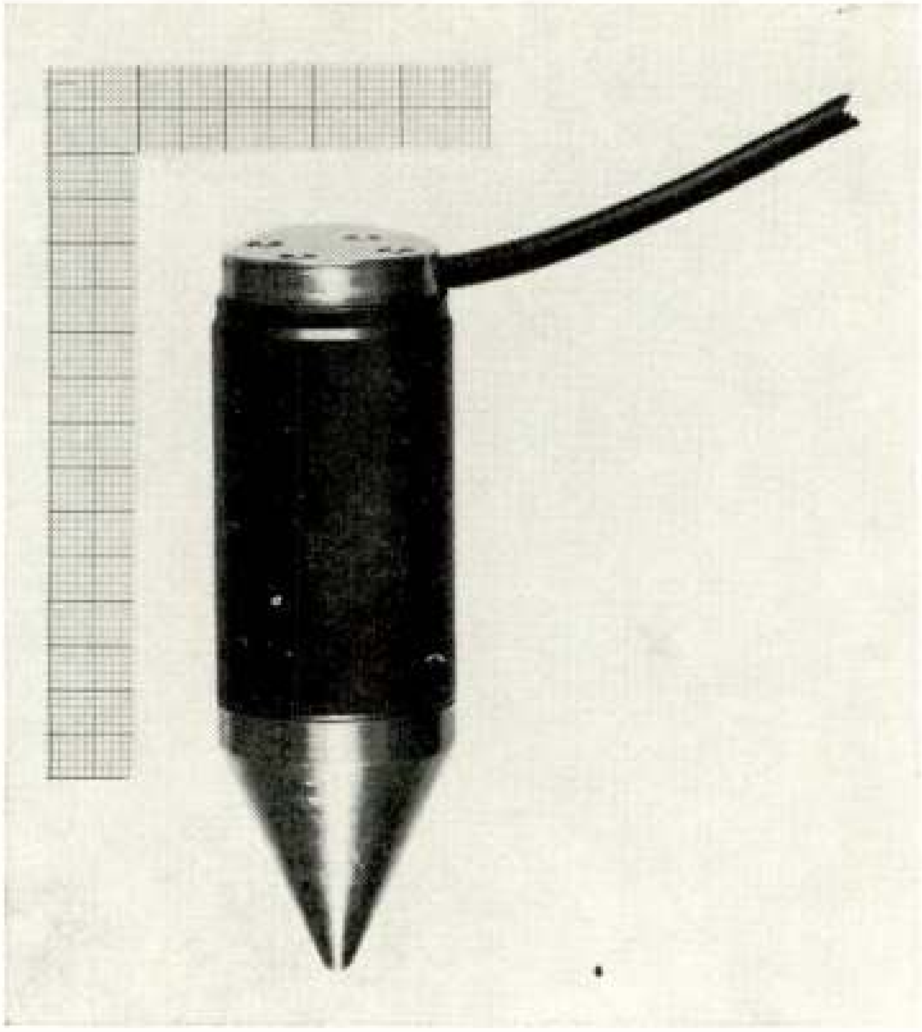


Fig. 5
Miniatuur seismometer SM 101

tacten van de haspel. Op deze haspel bevinden zich tevens de aansluitingen voor een telefoon, een speciale detector en de afstandsbediening, waarvoor zich nog drie extra aderparen in de kabel bevinden.

Een voorbeeld van een seismometer (SM 101) zien wij in fig. 5. Dit is een magnetodynamische opnemer, waarin zich een permanente magneet bevindt, verbonden met het huis, welke magneet zich t.o.v. een verend opgehangen spoel beweegt. De in de spoel opgewekte spanning is hierbij evenredig met de grondsnelheid. Daar het aantal seismometers in een meetopstelling 1000 of meer kan bedragen, is bij de ontwikkeling ervan zeer veel aandacht besteed aan een gering gewicht bij een voldoend grote gevoeligheid. Het vertoonde systeem heeft samen met het isolerende huis een gewicht van circa 100 gram bij een gevoeligheid van 0,25 V/cm/sec.

Bij seismische operaties op het water wordt een drijvende of zwevende meetkabel gebruikt, welke is uitgerust met hydrofoons in plaats van seismometers. Deze hydrofoons bevatten drukgevoelige detectoren (variabele reluctantie) en soms daarmee samengebouwde voorversterkers. Voorbeelden van een drijvende waterkabel en een hydrofoon zien wij in fig. 6 en 7. Een dergelijke waterkabel kan enkele kilometers lang zijn en wordt meestal gesleept door de waarnemingsboot of door een helicopter, terwijl een tweede helicopter de schietoperatie verzorgt.

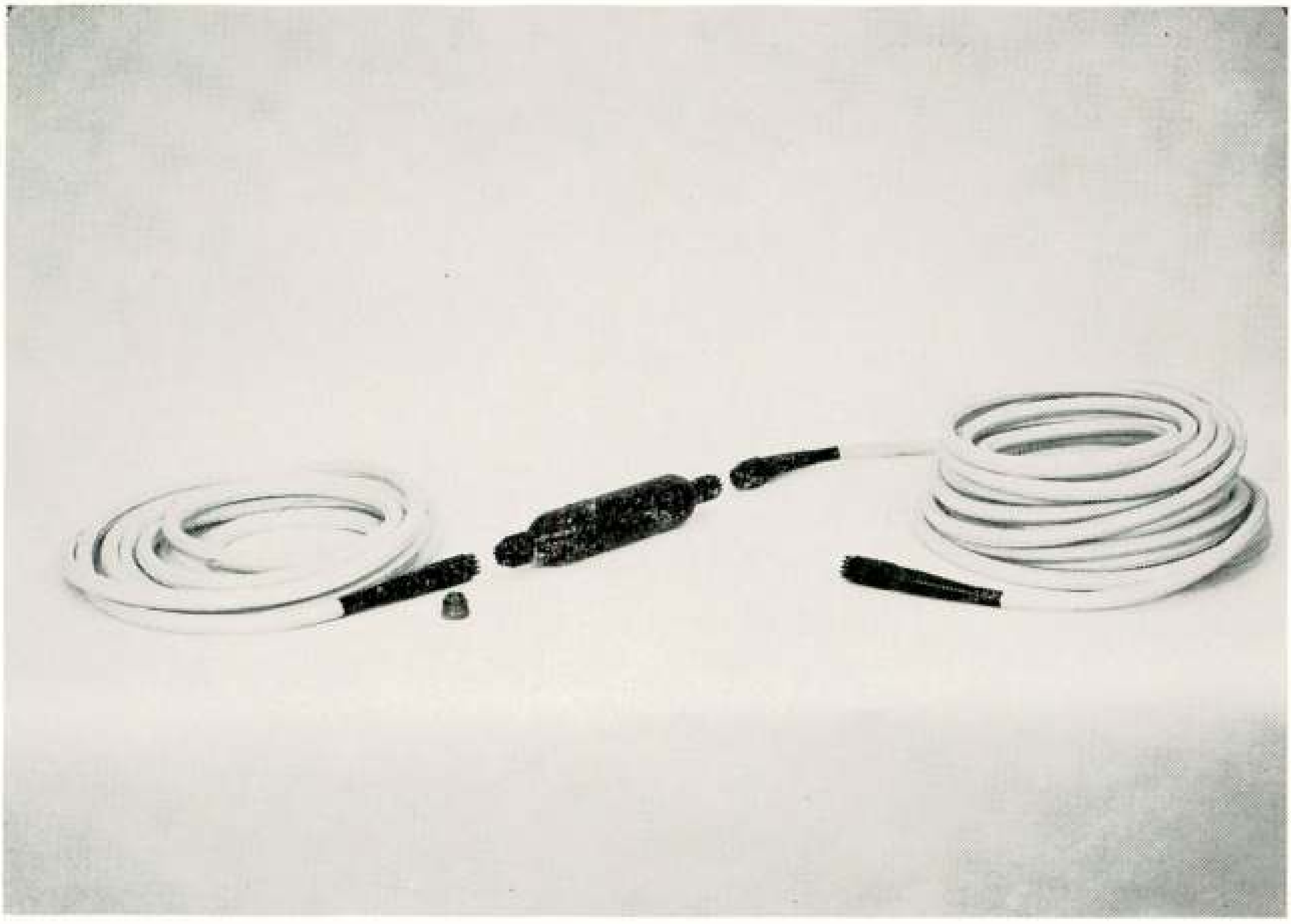


Fig. 6
Meetkabel SW 104 met hydrofoon SM 110 voor wateroperaties

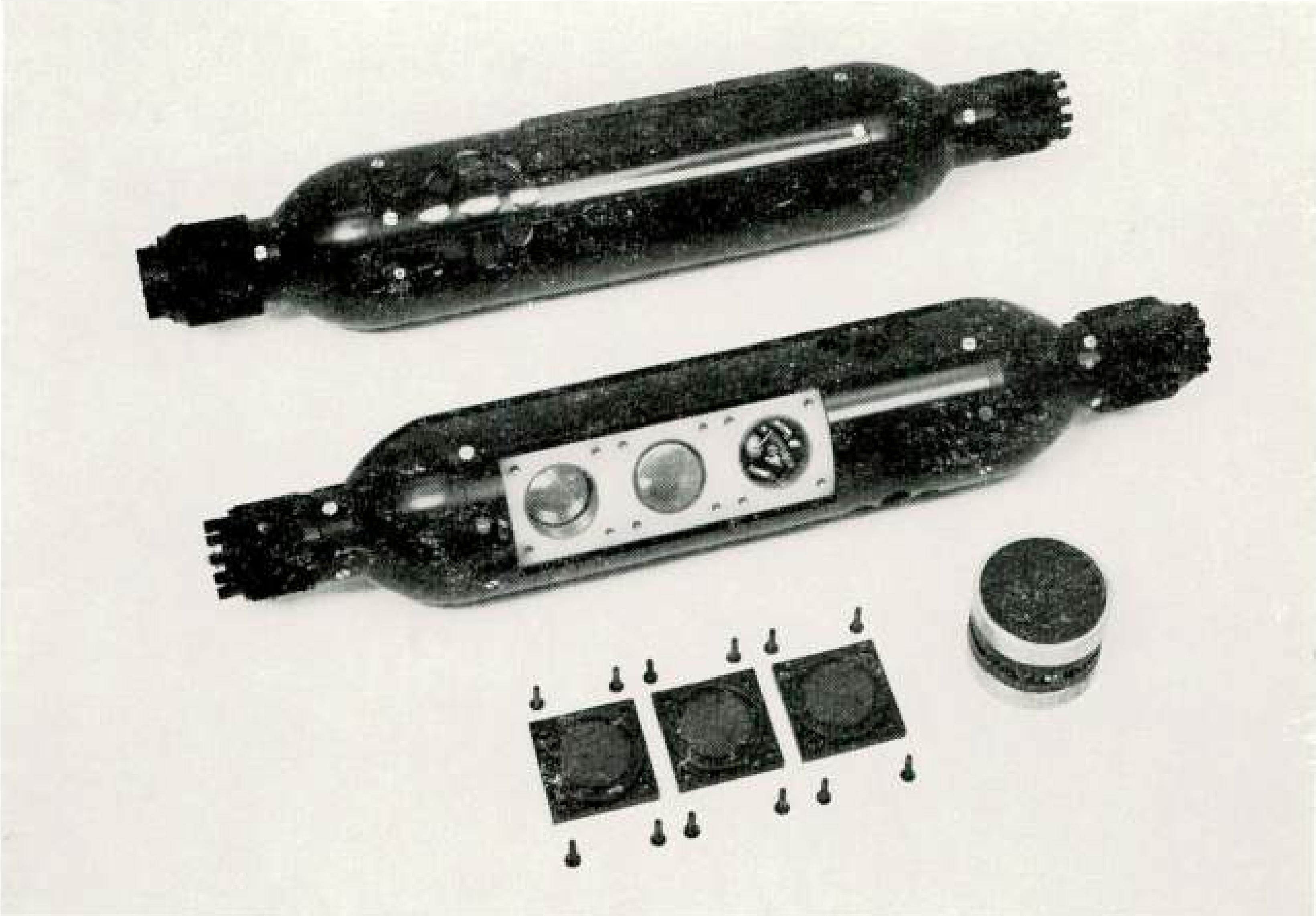


Fig. 7
Hydrofoon SM 110 en drukelement SM 112 met variabele reluctantie

De uitlopers van iedere meetkabelsectie met 12 signaalkanalen, samen dus 48 kanalen, gaan rechtstreeks of door middel van verlengkabels naar de beide balanceerdozen (SC 125) (fig. 4). Evenals de afscherming van de meetkabels dienen deze dozen voor het onderdrukken van stoorspanningen, afkomstig van hoogspanningsleidingen e.d. Met potentiometers worden de amplitude en de phase van de stoorspanningen op beide kanten van het symmetrische ingangscircuit van ieder kanaal zo goed mogelijk aan elkaar gelijk gemaakt. Tengevolge van de toegepaste ingangstransformatoren wordt het gelijkphasige signaal niet doorgegeven naar de versterkers. Verder bevat deze balanceerdoos hulpcircuits voor controle van de weerstand en de isolatie van de kabels, de polariteit van de seismometers en meting van de amplitude van de stoorspanning. De 24 volt gelijkspanningsvoeding ervan is aangesloten op een gasdicht gesloten NiCd batterij (SC 133/1), welke met een gelijkrichter (SE 119) kan worden geladen. De uitgangen van de beide balanceerdozen zijn verbonden met de „stacking" doos (SC 128), waar uit de binnenkomende 48 signaalkanalen 2 passende groepen van 12 opeenvolgende kanalen kunnen worden gekozen. De beide 12 kanaaluitgangen van de „stacking" doos worden gevoerd naar de mengdoos (SC 127), waar een menging van de kanalen

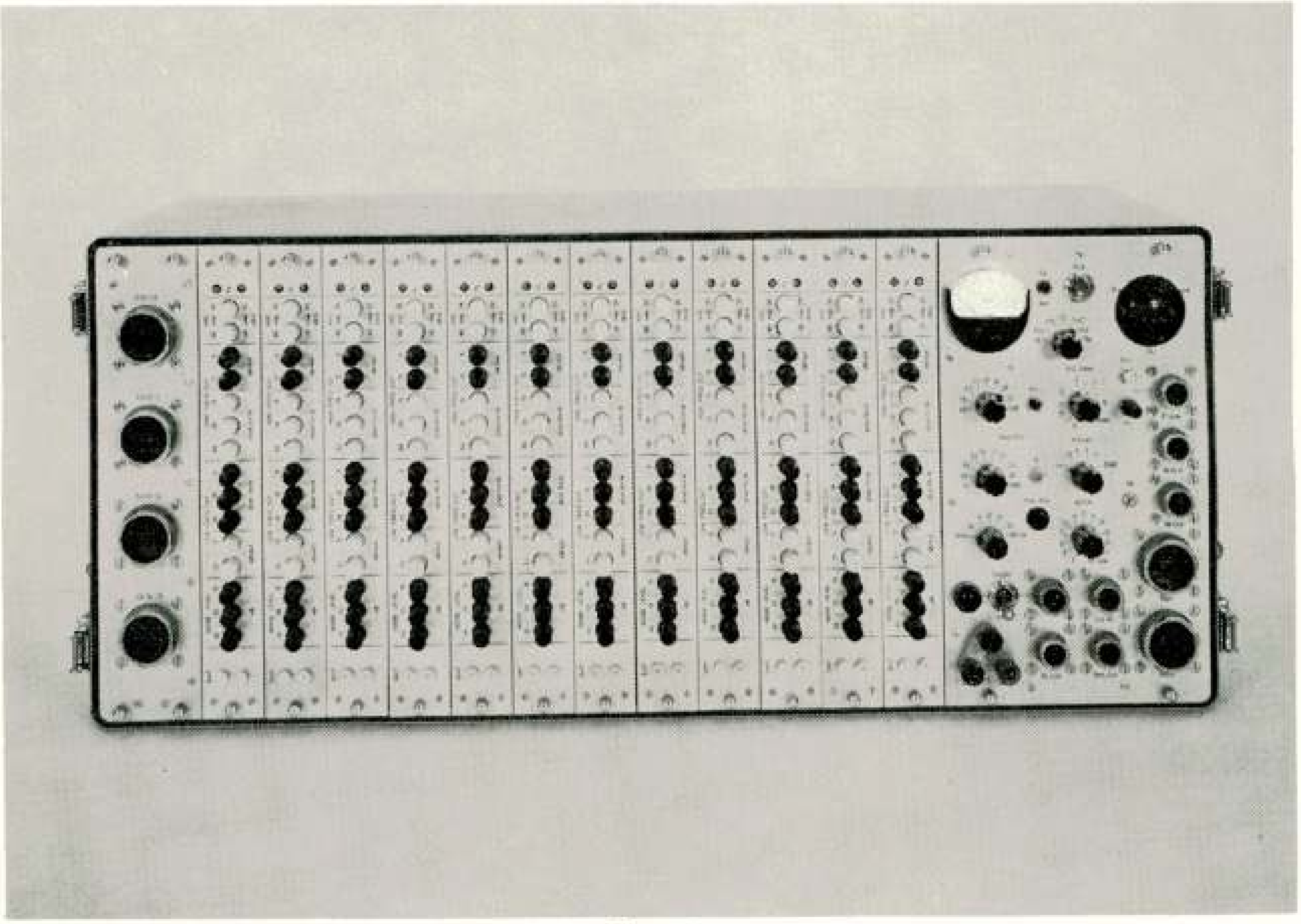


Fig. 8
Versterkersysteem QLR 120 voor 24 ingangs- en uitgangskanalen

1 - 2, 2 - 3, 3 - 4, enz. tot stand kan worden gebracht.

Beide groepen signaalkanalen zijn tenslotte verbonden met het versterkersysteem (QLR 120) (fig. 8). In dit systeem, dat in een volgend artikel meer in detail zal worden besproken, vinden wij voorversterkers, verzwakkers, filters, geregelde versterkers en regelcircuits van de 24 signaalkanalen, alsmede allerlei hulpcircuits, o.a. voor de telefoon, regeling van de aanvangsversterking, geprogrammeerde versterkingsregeling, voeding, controle en afstandsbediening. Wat dit laatste betreft kan worden opgemerkt, dat alle systemen welke tijdens de schietoperatie in werking moeten komen, in het algemeen zijn voorzien van circuits voor afstandsbediening. Ieder systeem kan zowel door middel van handbediening ter plaatse als door middel van afstandsbediening vanuit ieder ander systeem worden bediend. Dit geldt zowel voor de bij de waarnemer opgestelde apparatuur, zoals het versterkersysteem, het optische en magnetische registratiesysteem en de zendontvanger, als voor verder verwijderde apparaten, zoals zendontvangers en schietdozen. De uitgangen van het versterkersysteem zijn tenslotte verbonden met het optische registratiesysteem (GSZ 120) en het magnetische registratiesysteem (GM 120), welk laatste systeem werd ontwikkeld door Southwestern Industrial Electronics (U.S.A) (S.I.E.).

In het optisch registratiesysteem wordt het seismogram op

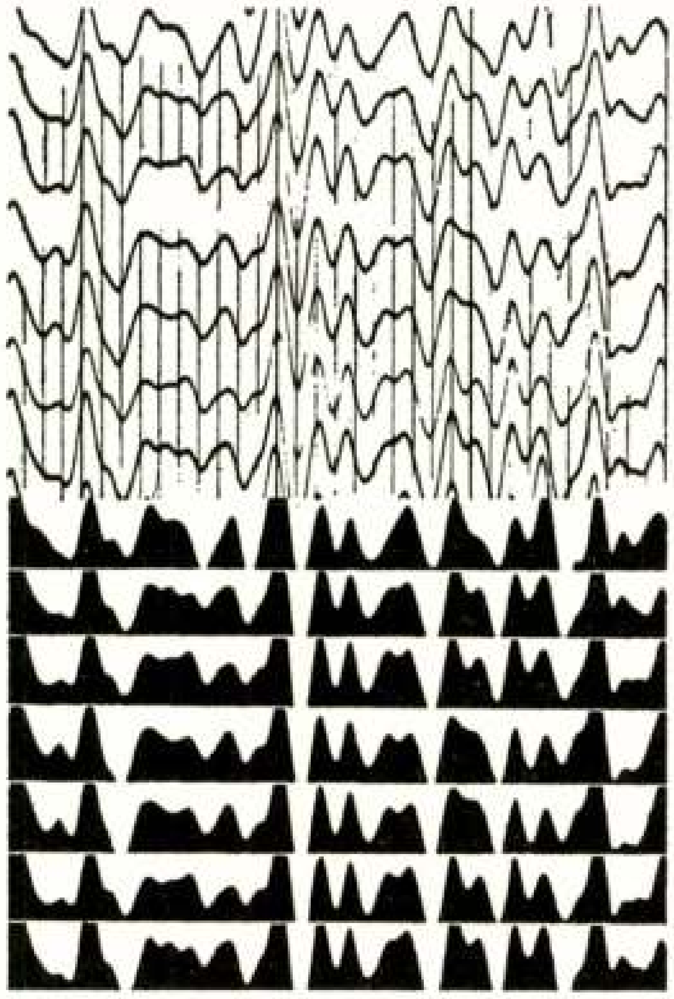


Fig. 9

S.Q.R. (boven) en V.A.R. (beneden) methoden voor registratie

fotografisch papier of film vastgelegd. Dit papier of deze film bevat normaal 24 signaalsporen en een hulpspoor, ieder 6 mm breed, en 2 tijdsporen van 1,2 mm. Naar keuze kan geschreven worden volgens VAR (Variable area recording) of SQR (Squigle recording) presentatie (fig. 9). Gewoonlijk wordt in de reflectieseismiek van VAR presentatie gebruik gemaakt, daar de visuele correlatie van reflecties er sterk door wordt vergemakkelijkt. In de refractietechniek wordt zowel VAR als SQR presentatie toegepast.

Met het oog op de verwerking van de seismogrammen dient de aandrijving van papier en film met grote nauwkeurigheid te geschieden, zodat per filmlengte van 5 sec geen grotere fout optreedt dan overeenkomt met 1 msec. Hiervoor wordt van een stemvorkgenerator gebruik gemaakt. Het registratiesysteem bevat voorts een elektronisch pulscircuit waarmede aan het begin van ieder seismogram automatisch het nummer ervan wordt medegeregistreerd.

Zoals in alle systemen wordt ook hier voedingsspanningsstabilisatie toegepast, zodat de eigenschappen van de appatuur binnen zekere grenzen onafhankelijk zijn van de ladingstoestand van de batterijen.

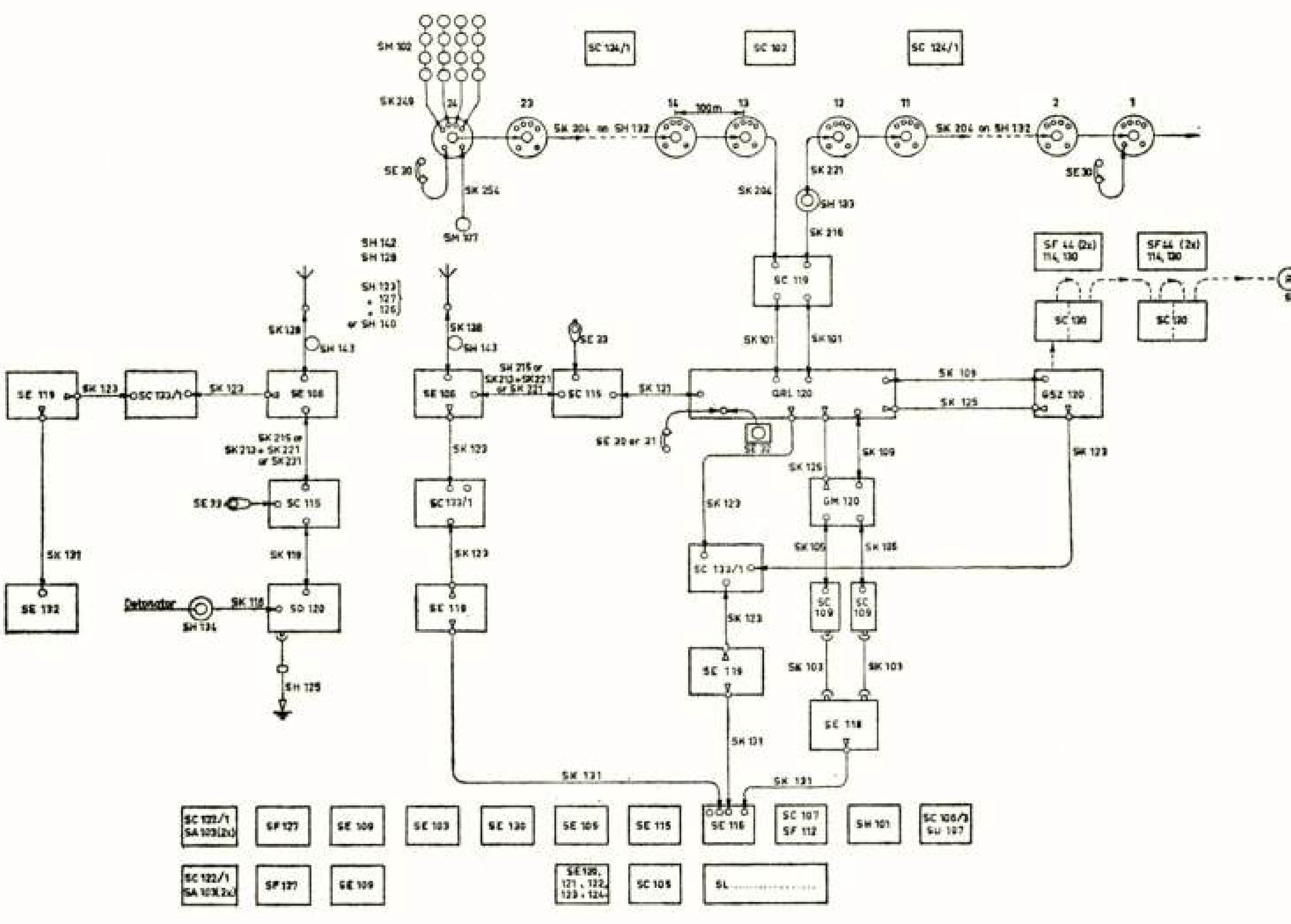


Fig. 10

Blokschema van een installatie voor het opnemen van refractieseismogrammen

Het ontwikkelen en fixeren vindt plaats in dozen (SC 130), waarin de opgenomen seismogrammen ook kunnen worden vervoerd.

Het magnetisch registratiesysteem (GM 120) bestaat uit twee delen, n.l. het bandtransportdeel en het deel met voedingscircuits, modulatoren en demodulatoren. Het heeft ingangen voor 24 signaalkanalen en 4 hulpkanalen en werkt met frequentiemodulatie. Dit heeft o.a. het voordeel, dat ook zeer laagfrequente verschijnselen van b.v. 1 Hz vervormingsvrij en zonder phase- dus tijdsfouten kunnen worden vastgelegd. Ook hier worden zeer hoge eisen gesteld aan de constantheid van het bandtransport. Het dynamisch bereik kan ongeveer 60 dB bedragen bij een grootste vervorming van 1%.

Alle door ons ontwikkelde apparatuur wordt apart gevoed vanuit 24 V gasdichte batterijen met daarbij behorende speciale gelijkrichters. Aan de netzijde worden deze gelijkrichters aangesloten op een draagbaar 4-takt benzine-aggregaat met wisselstroomgenerator (SE 116) voor 300 W, gebouwd door Honda (Japan).

Bij de verder aangegeven apparatuur vallen in de allereerste plaats te noemen de schietdozen (SD 120), welke met 4-draads telefoonleidingen op haspels (SH 135) zijn aangesloten op het versterkersysteem. Deze schietdozen bevatten een vuurcircuit voor het tot ontploffing brengen van een of meerdere detonatoren, een meetcircuit voor de controle van het schietcircuit, een telefooncircuit, een schakeling voor het aansluiten van de schietgatseismometer, een circuit voor de afstandsbediening, en tenslotte een schakeling voor het nauwkeurig doorgeven van de schietimpuls. Dit laatste kan gebeuren zowel door middel van het opwekken van een sprongspanning, als door het onderbreken van een 400 Hz rechthoekige spanning. Alle bovengenoemde spanningen worden over één aderpaar doorgegeven, terwijl het tweede aderpaar voor de afstandsbediening wordt gebruikt. In de schietdoos zijn een reeks veiligheidsmaatregelen genomen om het afvuren t.g.v. defecten, uitwendige storingen of door onbevoegden te verhinderen.

3. Hulp- en reserve-apparatuur

Bij de boven beschreven opname-apparatuur bevinden zich gewoonlijk nog allerlei hulp- en reservematerialen, welke onder in fig. 4 zijn aangegeven. Hieronder valt meetapparatuur voor controle

en storing zoeken, een instrumentenrek, gereedschap en reserveonderdelen. Om de verliestijd zo gering mogelijk te houden worden reserve-eenheden medegeleverd, zoals reserveversterkers (SA 104) in dozen (SC 122/1), en een reserve-uitgangseenheid (SU 107), alles samen in een aparte opbergdoos (SC 106/3). Wanneer deze eenheden defect raken kunnen ze per vliegtuig worden opgestuurd en na reparatie op dezelfde wijze worden teruggezonden.

4 Levensduur

Na een gebruiksduur van enkele jaren wordt tenslotte een

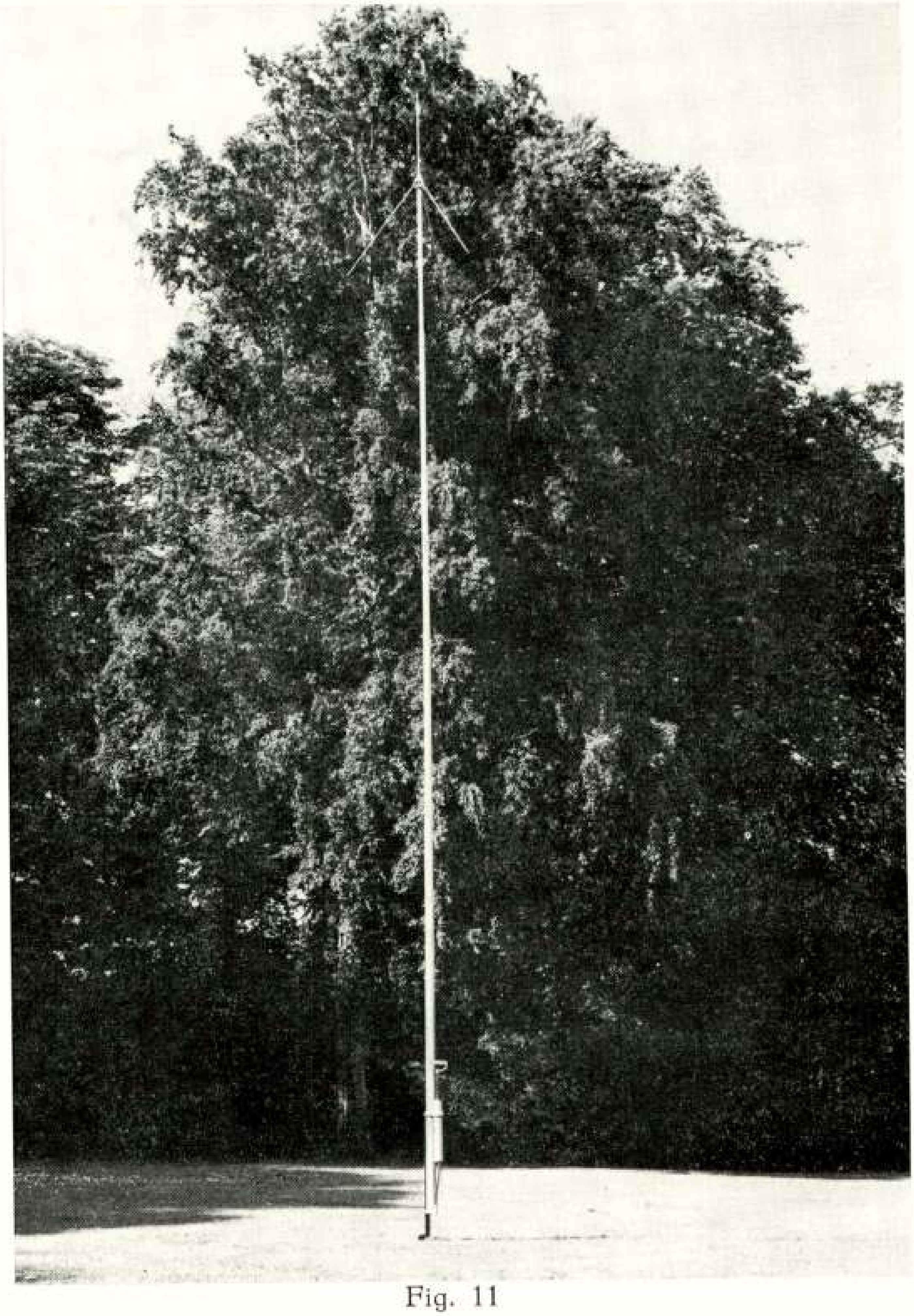


Fig. 11
Dipoolantenne SH 128 op telescoopmast SH 140 (7 m)



Fig. 12
Meetwagen met instrumentenrek, laadaggregaat
en telescoopantenne

instrument geheel gerevideerd. De totale levensduur van een instrument kan tegenwoordig op 4 à 5 jaar worden gesteld.

5. Speciale apparatuur

Voor speciale doeleinden beschikken wij nog over scherpe, hoog- en laagdoorlatende ingangsfilters (QF 100), welke bij een reeks instelbare afsnijfrequenties een maximale flanksteilheid vertonen van 90 dB/octaaf. Voor het onderdrukken van één

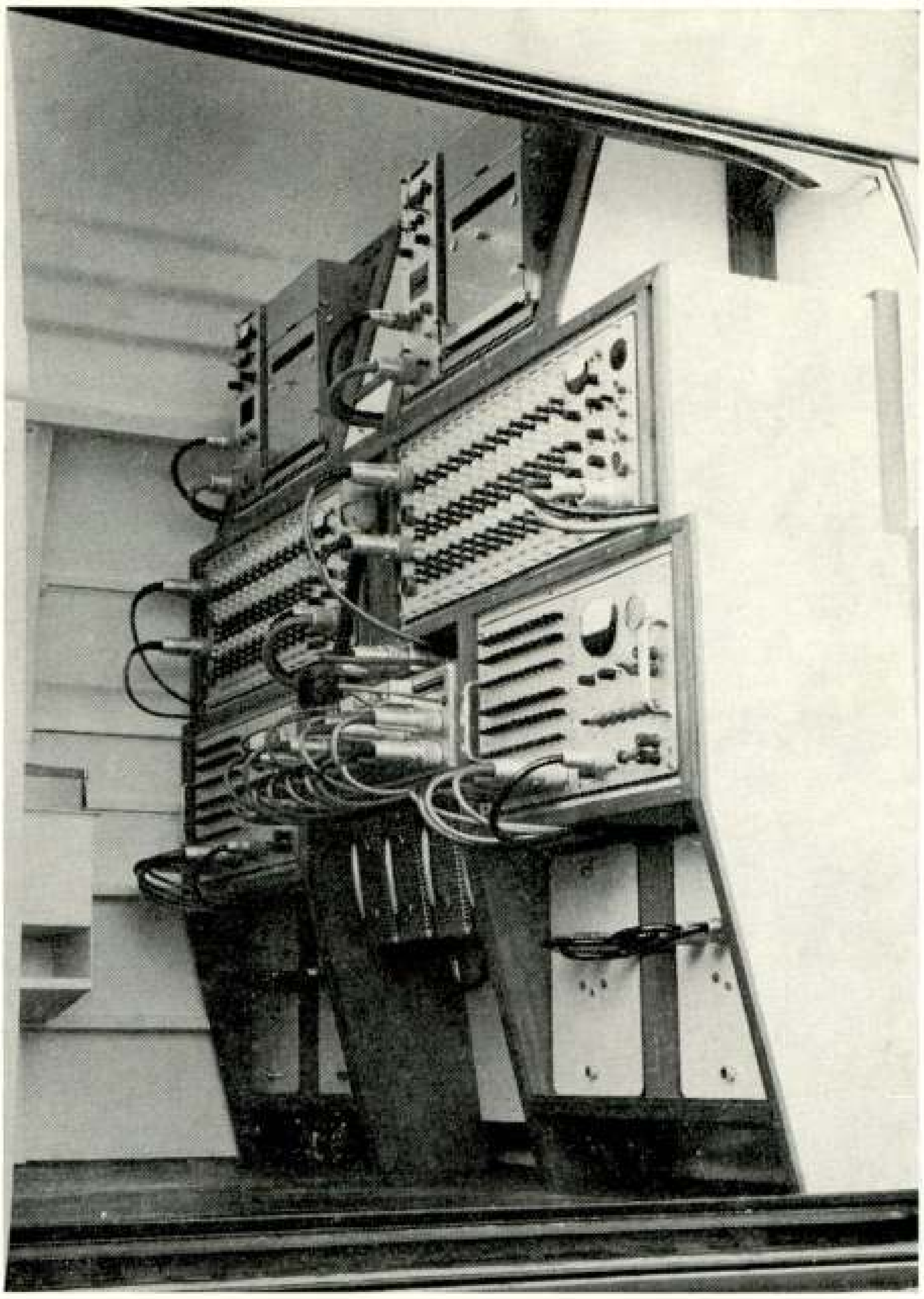


Fig. 13
Meetrek voor 96 ingangs- en 48 uitgangskanalen met registratie op fotografische film en magnetische band

bepaalde frequentie werd een keepfilter ontwikkeld, dat b.v. gebruikt kan worden voor het onderdukken van storingen, bij waterwerk veroorzaakt door meervoudige reflecties in de waterlaag.

Op het blokschema van fig. 10 wordt de opname-apperatuur weergegeven zoals gebruikt bij refractie-operaties. De gang van zaken komt grotendeels overeen met die bij reflectie-operaties, maar hier wordt nog een zender-ontvanger-combinatie gebruikt bij waarnemer en schieter. Bij het refractie-schieten kan namelijk de schietafstand aanzienlijk groter zijn dan bij het reflectie-schieten, b.v. 10 tot 30 km. Bij de schieter is de schietdoos verbonden met de gecombineerde modulator/demodulator-eenheid (SC 115), waarna de zend-ontvanger (SE 106) volgt, waarop tenslotte de dipoolantenne (SH 128) (fig. 11), geplaatst op een telescoopmast, is aangesloten.

Deze 25 W zend-ontvangers (Philips) werken met frequentiemodulatie op een frequentie van ca. 80 MHz en worden gebruikt voor de overdracht van het spraaksignaal en de signaalspanningen afkomstig van de schietimpuls en de schietgatseismometer. De zend-ontvangers kunnen zowel met de hand als op afstand worden bediend en schakelen tijdens de schietoperatie vol-automatich over van zenden naar ontvangen bij de waarnemer en van ontvangen naar zenden bij de schieter.

6. Verwerkingsapparatuur

Tenslotte worden de seismogrammen verwerkt tot profielen (fig. 9) in een machine, die uitgaat van de in het veld geschoten seismogrammen en deze langs optisch-mechanische weg verwerkt tot gecorrigeerde profielen op de gewenste horizontale en vertikale schaal.

7. Meetwagen

In fig. 12 en fig. 13 zijn twee opnamen gegeven van de inrichting van een meetcabine in een V.W. bestelwagen. Het meetrek is uitgevoerd voor 96 ingangs- en 48 uitgangskanalen met registratie op fotografische film en magnetische band.

Manuscript ontvangen 13 juli 1966.

CONGRESSEN E.D.

Colloque international sur l' électronique et l'espace

Dit colloquium wordt georganiseerd door de „Société Française des électroniciens et des radioélectriciens", onder patronage van de „Fédération nationale des industries électroniques", en zal plaatsvinden te Parijs van 10 tot 15 april 1967, ter gelegenheid van de „Salon international des composants électroniques".
Voor inlichtingen en deelname kan men zich wenden tot „Colloque international sur l'électronique et l'espace", 16, Rue de Presles, Paris 15e.

BOEKAANKONDIGINGEN

Electronics, door R. H. Mattson. 620 blz., vele figuren. Uitg. J. Wiley & Sons Ltd., London. 1966. Prijs 98 s.

Electron Tubes, door R. G. Kloeffler. 262 blz., vele figuren. Uitg. J. Wiley & Sons Ltd., London. 1966. Prijs 45 s.

Microwave Valves, door C. H. Dix and W. H. Aldous. 269 blz., 200 figuren. Uitg. Iliffe Books Ltd., London. 1966. Prijs 55 s.

Fundamentels of reliable circuit design, door Mel Xlander. Vol. 1: 196 blz., 243 fig.; vol. 2: 138 blz., 130 fig. Uitg. Iliffe Books Ltd., London. 1966. Prijs vol. 1: 30 s.; vol. 2: 27 s. 6d.

Audio Systems, door J. L. Bernstein. 409 blz., vele figuren. Uitg. J. Wiley & Sons Ltd., London. 1966. Prijs 60 s.

BOEKBESPREKING

Modern Radar, Analysis, Evaluation and System Design, onder redactie van R. S. Berkowitz. 660 blz., vele figuren. Uitg. Wiley & Sons Ltd., New York, London, 1965. Prijs 147 s.

„Modern Radar", onder redactie van R. S. Berkowitz, bestaat uit 6 delen. De tekst werd bijeengebracht door 14 auteurs en is gebaseerd op een zomercursus gegeven aan de „Moore School of Electrical Engineering", Universiteit van Pennsylvania. Een indruk van het, voortreffelijke, boek moge gegeven worden door de volgende, korte, opsomming van de inhoud.

Deel 1, Radar Grondslagen (Berkowitz, Barton).
Deel 2, Analyse van lineaire systemen, Theorie van de ruis, Situaties van ruis en signaal (Berkowitz, Bennett).

Deel 3, Statistische beslissingstheorie en detectie van signalen en ruis, schatting van de parameters van het doel (Schwartz, Berkowitz, Weinstock).
Deel 4, Meerduidigheid en oplossend vermogen, impulscompressie, gecodeerde golftreinen (Urkowitz, Cook, Lambert, Ristenblatt).
Deel 5, Golfpropagatie, aspecten van het antenne-ontwerp, systeemgevoeligheid (Millman, Spencer, Charton, Nergaard).
Deel 6, Systeemanalyse en ontwerp (Steinberg, Weinstock, Barton).

In het algemeen worden de bovengenoemde en ook andere onderwerpen bijzonder fundamenteel behandeld. De volgende voorbeelden mogen het peil van de behandeling van de stof illustreren. Het hoofdstuk „Theorie van de ruis" (Bennett) behandelt in ca. 20 bladzijden de statistische eigenschappen van ruis, de spectrale dichtheid, correlatie, ensemble van stochastische funkties. Zonder te veel te geraken in wiskundige bewijzen wordt een goed fysisch beeld ontwikkeld en worden de geëigende middelen gebruikt om de situatie te beschrijven: de fouriertransformatie, de correlatiefunkties en de karakteristieke funkties.

Onder het hoofdstuk „lineair f.m. pulse compression" wordt de impulscompressie behandeld als toepassing van het in een eerder hoofdstuk behandelde „aan het frequentiespectrum aangepaste filter". Naast de wiskundige behandeling wordt duidelijk gedemonstreerd welke de technische moeilijkheden zijn om een werkelijk aangepast filter te benaderen.

De samenhang van de door verschillende auteurs behandelde stof is, waar deze noodzakelijk is, goed; de onderlinge verwijzingen zijn echter spaarzaam, wellicht een gevolg van het feit dat de stof eerst in een laat stadium van de bewerking aaneen werd gevoegd.

Betwijfeld wordt of het hoofdstuk „Factors in Antenna Design" (Spencer), 15 blz., veel zin heeft. Uiteraard kunnen in dit korte bestek niet meer dan enkele algemene aspecten genoemd worden. De behandeling blijft dan ook, in tegenstelling tot de andere hoofdstukken, zeer globaal en beschrijvend.

Alles tezamen: een uitstekend boek voor hen die inzicht willen krijgen in de problemen die de moderne radarontwerper bezighouden; ook een uitstekend boek als voorbereiding op de zeer gespecialiseerde vakliteratuur.

B.v.D.

VARIA

Communicatie onder water

In het mei-nummer van dit Tijdschrift is op pag. 125/126 een beschrijving gegeven van „Undercom", een apparaat voor communicatie onder water. Daarbij is wel de fabrikant, Raytheon Company, genoemd, doch is niet vermeld, dat de alleenvertegenwoordiger voor

Nederland is: Radio Holland N.V., Keizersgracht 562, Amsterdam.

UIT HET N.E.R.G.

Ledenmutaties

Nieuwe leden:

Ir. G. P. H. Olthuis, Fuutlaan 37A, Eindhoven.
Ir. J. N. Vles, Burg. C. van Necklaan 205, Leidschendam.

Voorgestelde leden:

Ir. G. J. M. Boorsma, Beethovenstraat 7, Leeuwarden.
Ir. H. H. Grotjohann, Is. da Costalaan 233, Delft.
J. G. de Lint, van Alkemadelaan 106, Den Haag (juniorlid).
Ir. R. Samson, Sasboutstraat 68, Delft.
Ir. M. Woerlee, van Thienenlaan 154, Eindhoven.

Nieuwe adressen van leden:

Ir. R. Blommendaal, Beeklaan 208, Noordwijk.
Ir. L. G. Drenthen, Tapuitstraat 24, Capelle aan de IJssel.
Prof. Ir. B. van Dijl, Thorbeckelaan 19, Eindhoven.
Ir. T. T. J. Jaspers, Boerhaavestraat 110, Apeldoorn.
Ir. G. A. Joosten, Jacob van Offwegenlaan 9, Rijswijk (Z.H.).
H. Kok, Roghmanpad 16, Eindhoven.
Ir. F. Labaar, c/o Standard Telephones & Cables Ltd., Microwave Laboratory, Chester Hall Lane, Basicdon, Essex, England.
Ir. K. H. Wesseling, c/o National Radio Astronomy Observatory, P.O. Box 2, Green Bank, West Virginia 24944, U.S.A.

Overleden:

Dipl. Ing. Dr. H. Feiner, Joh. Geradtsweg 88, Hilversum.

Bedankt als lid:

Dipl. Ing. J. L. Roulet, Hertesprong 18, Eindhoven.

